

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-96011

(43)公開日 平成11年(1999) 4月9日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>  
G 0 6 F 9/44  
15/16  
17/00

識別記号  
5 5 2  
3 7 0

F I  
C 0 6 F 9/44  
15/16  
15/20

5 5 2  
3 7 0 Z  
Z

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平9-254910

(22)出願日 平成9年(1997) 9月19日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 徳本 修一

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 前中 聡

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

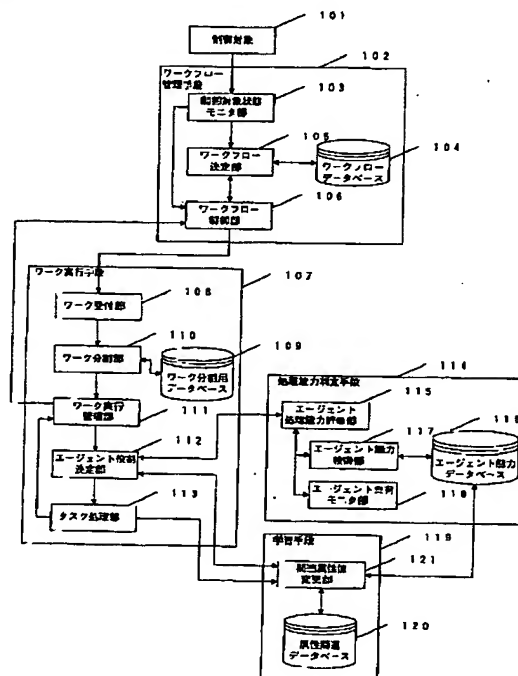
(74)代理人 弁理士 曾我 道照 (外6名)

(54)【発明の名称】 自律分散システムにおける自律協調制御装置

(57)【要約】

【課題】 エージェント間の通信効率、エージェントの選択の効率を向上させ、高速なタスクの処理を行う自律協調制御装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 制御対象101の状態から必要なワークフローをデータベースを用いて検索しワークフローを構成するワークフロー管理手段102と、この管理手段から命令されたワークをデータベースを用いてタスクに分割しそのタスクの属性とエージェントの負荷状態を加味しタスク処理の役割を決定しその処理管理を行うワーク実行手段107と、この実行手段からの依頼に従いエージェントの処理能力とタスクの属性を比較、また現在のエージェントの負荷状態を観測し、2つの情報を統合し又は1つの情報をエージェントの処理能力として回答してタスクの処理制御を支援する処理能力判定手段114と、上記実行手段で実行完了した結果をもとに各エージェントの能力値を変更する学習手段119を備える。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 制御対象の状態から作業手順を決定し、その実行を管理するワークフロー管理手段と、このワークフロー管理手段から命令されたワークをタスクに分割し、タスク処理の管理を行うワーク実行手段と、このワーク実行手段におけるタスクの処理制御中にタスクの属性とシステム内のエージェントの能力を比較して、タスクの処理制御を支援する処理能力判定手段と、上記ワーク実行手段で実行完了した結果をもとに、各エージェントの能力値を変更する学習手段と、を備えたことを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置。

**【請求項2】** 上記ワークフロー管理手段が、システムの制御対象の状態から状態値に変換する制御対象状態モニタ部と、制御対象のワークフローを保持するワークフローデータベースと、上記制御対象状態モニタ部の出力に基づいて、入力状態に適したワークフローを上記ワークフローデータベースを用いて検索、決定するワークフロー決定部と、上記制御対象状態モニタ部とワークフロー決定部の出力に基づいて、ワークの実行管理、ワークの選択、変更を行うワークフロー制御部と、を含むことを特徴とする請求項1に記載の自律分散システムにおける自律協調制御装置。

**【請求項3】** 上記ワーク実行手段が、上記ワークフロー管理部が実行を依頼するワークを受け取るワーク受付部と、個々のワークについてエージェントが処理可能な単位に分割したタスクとその属性を保持しているワーク分割用データベースと、上記ワーク受付部からの出力を受け取り、上記ワーク分割用データベースを用いてエージェントの処理可能なタスクに分割するワーク分割部と、上記ワーク分割部の出力を受け取り、処理順序に従いタスク処理の指示を出力し、ワークの実行状態を上記ワークフロー制御部に報告するワーク実行管理部と、このワーク実行管理部の出力を受け取り、そのタスク処理可能なエージェントの候補の選定を上記処理能力判定手段に依頼し、その回答に従いエージェントにタスクの通知を行い、エージェントの役割を決定するエージェント役割決定部と、このエージェント役割決定部の出力に基づき、タスクを処理し、完了報告または処理不可能報告を上記ワーク実行管理部に行うタスク処理部と、を含むことを特徴とする請求項2に記載の自律分散システムにおける自律協調制御装置。

**【請求項4】** 上記処理能力判定手段が、上記エージェント役割決定部からの出力に基づき、各エ

ージェントの能力、負荷状態に基づき、エージェントの現在の状態を評価し、その結果をエージェント役割決定部に送信するエージェント処理能力評価部と、すべてのエージェントの能力の属性とその属性値を保持したエージェント能力データベースと、上記エージェント処理能力評価部の指示に基づき、上記エージェント能力データベースを用いてタスクの処理に必要な属性を保有するエージェントを検索し、結果をエージェント処理能力評価部に送信するエージェント能力検索部と、上記エージェント処理能力評価部の指示に基づき、すべてのエージェントの負荷状態を観測し、その状態を上記エージェント処理能力評価部に送信するエージェント負荷モニタ部と、を含むことを特徴とする請求項3に記載の自律分散システムにおける自律協調制御装置。

**【請求項5】** 上記学習手段が、タスクの性質とエージェントの処理能力を表現するために用いられている属性の関係を保持する属性関連データベースと、上記タスク処理部のタスク完了報告に基づき、タスクを処理したエージェントについてエージェント能力データベース中のタスク処理に有効であった属性値を変更すると共に、上記属性関連データベースを用いて、有効な属性に関連する属性値を変更する関連属性値変更部と、を含むことを特徴とする請求項4に記載の自律分散システムにおける自律協調制御装置。

**【請求項6】** 上記ワークフロー管理手段のワークフロー決定部が、上記制御対象状態モニタ部からの出力に基づき、状態に適したワークフローを上記ワークフローデータベースを用いて検索、選定し、上記ワークフロー制御部に送信し、またワークフローの実行不可能の報告を受けた時には、現在の制御対象の状態に基づき新たなワークフローを検索し、先に実行したワークフローとの差分を取り、新たなワークフローを作成し、上記ワークフロー制御部に送信することを特徴とする請求項2に記載の自律分散システムにおける自律協調制御装置。

**【請求項7】** 上記ワークフロー管理手段の上記ワークフロー制御部が、上記ワークフロー決定部の出力に基づき、個々のワークの実行を上記ワーク実行手段に依頼し、その完了報告、実行不可能報告を受け、完了報告を受け付けた時は次のワークを実行することを依頼し、実行不可能の報告を受け付けた時には新たなワークフローを上記ワーク実行手段に要求し、変更したワークフローの実行制御の管理をすることを特徴とする請求項2に記載の自律分散システムにおける自律協調制御装置。

**【請求項8】** 上記処理能力判定手段のエージェント処理能力評価部が、上記ワーク実行手段のエージェント役割決定部からの出力に基づき、タスクの情報とそれらを処理した処理エージェントの履歴を、同一ワークフローの

実行の間、保持し、同じ属性を有するタスクを処理する時に履歴の中から過去の処理エージェントを検索し、同時にすべてのエージェントについて評価値のリストを作成し、履歴から検索したエージェントがもっとも評価値が高い時、その値を下げ、その変更したデータを上記エージェント役割決定部に回答することを特徴とする請求項4に記載の自律分散システムにおける自律協調制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ネットワークなどで互いに接続された分散環境下で、他のコンピュータや機器類と協調して、与えられた目的を自律的に実行する自律分散システムにおける自律協調制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図21は例えば1980年、IEEE、コンピュータにおけるトランザクション(TRANSACTIONS ON COMPUTERS)、VOL.C-29.NO.12で発表されたエージェント間の協調関係を実現した契約ネットを用いた従来の自律分散システムにおける自律協調制御装置を示した図である。

【0003】図において、101は制御対象、2101は自律協調制御装置で、自律協調制御装置2101内の108は制御対象101の状況から制御に必要なワークを外部から受け付けるワーク受付手段、2102はワーク受付手段108から受け取ったワークをエージェントが処理可能と思われるタスクに分割し、その結果を出力するワーク分割手段、2103は分割されたタスクの処理命令を出力し、処理の制御を行うワーク実行管理手段、2104はタスクの通知を行い、マネージャと処理エージェントを決定するエージェント役割決定手段、そして113はエージェント役割決定手段2104の役割決定に基づき、各エージェントにタスクの処理を命令し、処理の完了をワーク実行管理手段2103に報告するタスク処理手段である。

【0004】従来の装置は、制御対象101などの自律協調制御装置2101の外部でワークが生成され、自律協調制御装置2101に入力される。入力されたワークはワーク受付手段108で受け付けられ、ワーク分割手段2102に入力する。ワーク分割手段2102はエージェントが処理可能と予測できるタスクにワークを分割し、その結果をワーク実行管理手段2103に入力する。ワーク実行管理手段2103は入力されたタスクの作業順序と作業完了について管理を行う。エージェント役割決定手段2104はワーク実行管理手段2103からの指示に従い、システム内のエージェント全てにタスクの処理通知を行う。各エージェントはタスク処理を判断し入札を行い、マネージャと処理エージェントを決定する。各エージェントの役割に基づき、タスク処理手段

113は各エージェントの実行を命令し、完了報告をワーク実行管理手段2103に行う。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の自律分散システムにおけるエージェントによる自律協調制御装置は以上のように構成されているので、ワークが外部で生成されて装置に入力されるため、装置がワークの分割方法を予測できず、タスクへの分割が困難な場合があった。また、エージェントの役割を決定するためのタスク処理通知を全てのエージェントに行っていたので、明らかに処理不可能なエージェントに対しても通信を行うため、通信の効率、エージェントの処理判断のための計算効率が悪い等の問題があった。

【0006】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、ワークフローによるワーク、タスクの実行管理、エージェントの能力と負荷状態を観測を行うことで、適切なワークの実行、エージェント間の通信量の抑制が可能な自律分散システムにおけるエージェントによる自律協調制御装置を得ることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的に鑑み、この発明は、制御対象の状態から作業手順を決定し、その実行を管理するワークフロー管理手段と、このワークフロー管理手段から命令されたワークをタスクに分割し、タスク処理の管理を行うワーク実行手段と、このワーク実行手段におけるタスクの処理制御中にタスクの属性とシステム内のエージェントの能力を比較して、タスクの処理制御を支援する処理能力判定手段と、上記ワーク実行手段で実行完了した結果をもとに、各エージェントの能力値を変更する学習手段と、を備えたことを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置にある。

【0008】またこの発明は、上記ワークフロー管理手段が、システムの制御対象の状態から状態値に変換する制御対象状態モニタ部と、制御対象のワークフローを保持するワークフローデータベースと、上記制御対象状態モニタ部の出力に基づいて、入力状態に適したワークフローを上記ワークフローデータベースを用いて検索、決定するワークフロー決定部と、上記制御対象状態モニタ部とワークフロー決定部の出力に基づいて、ワークの実行管理、ワークの選択、変更を行うワークフロー制御部と、を含むことを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置にある。

【0009】またこの発明は、上記ワーク実行手段が、上記ワークフロー管理部が実行を依頼するワークを受け取るワーク受付部と、個々のワークについてエージェントが処理可能な単位に分割したタスクとその属性を保持しているワーク分割用データベースと、上記ワーク受付部からの出力を受け取り、上記ワーク分割用データベースを用いてエージェントの処理可能なタスクに分割するワーク分割部と、上記ワーク分割部の出力を受け取り、

処理順序に従いタスク処理の指示を出力し、ワークの実行状態を上記ワークフロー制御部に報告するワーク実行管理部と、このワーク実行管理部の出力を受け取り、そのタスク処理可能なエージェントの候補の選定を上記処理能力判定手段に依頼し、その回答に従いエージェントにタスクの通知を行い、エージェントの役割を決定するエージェント役割決定部と、このエージェント役割決定部の出力に基づき、タスクを処理し、完了報告または処理不可能報告を上記ワーク実行管理部に行うタスク処理部と、を含むことを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置にある。

【0010】またこの発明は、上記処理能力判定手段が、上記エージェント役割決定部からの出力に基づき、各エージェントの能力、負荷状態に基づき、エージェントの現在の状態を評価し、その結果をエージェント役割決定部に送信するエージェント処理能力評価部と、すべてのエージェントの能力の属性とその属性値を保持したエージェント能力データベースと、上記エージェント処理能力評価部の指示に基づき、上記エージェント能力データベースを用いてタスクの処理に必要な属性を保有するエージェントを検索し、結果をエージェント処理能力評価部に送信するエージェント能力検索部と、上記エージェント処理能力評価部の指示に基づき、すべてのエージェントの負荷状態を観測し、その状態を上記エージェント処理能力評価部に送信するエージェント負荷モニタ部と、を含むことを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置にある。

【0011】またこの発明は、上記学習手段が、タスクの性質とエージェントの処理能力を表現するために用いられている属性の関係を保持する属性関連データベースと、上記タスク処理部のタスク完了報告に基づき、タスクを処理したエージェントについてエージェント能力データベース中のタスク処理に有効であった属性値を変更すると共に、上記属性関連データベースを用いて、有効な属性に関連する属性値を変更する関連属性値変更部と、を含むことを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置にある。

【0012】またこの発明は、上記ワークフロー管理手段のワークフロー決定部が、上記制御対象状態モニタ部からの出力に基づき、状態に適したワークフローを上記ワークフローデータベースを用いて検索、選定し、上記ワークフロー制御部に送信し、またワークフローの実行不可能の報告を受けた時には、現在の制御対象の状態に基づき新たなワークフローを検索し、先に実行したワークフローとの差分を取り、新たなワークフローを作成し、上記ワークフロー制御部に送信することを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置にある。

【0013】またこの発明は、上記ワークフロー管理手段の上記ワークフロー制御部が、上記ワークフロー決定部の出力に基づき、個々のワークの実行を上記ワーク実

行手段に依頼し、その完了報告、実行不可能報告を受け、完了報告を受け付けた時は次のワークを実行することを依頼し、実行不可能の報告を受け付けた時には新たなワークフローを上記ワーク実行手段に要求し、変更したワークフローの実行制御の管理をすることを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置にある。

【0014】またこの発明は、上記処理能力判定手段のエージェント処理能力評価部が、上記ワーク実行手段のエージェント役割決定部からの出力に基づき、タスクの情報とそれを処理した処理エージェントの履歴を、同一ワークフローの実行の間、保持し、同じ属性を有するタスクを処理する時に履歴の中から過去の処理エージェントを検索し、同時にすべてのエージェントについて評価値のリストを作成し、履歴から検索したエージェントがもっとも評価値が高い時、その値を下げ、その変更したデータを上記エージェント役割決定部に回答することを特徴とする自律分散システムにおける自律協調制御装置にある。

【0015】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. 以下この発明の実施の形態に従って説明する。図1はこの発明の一実施の形態による自律分散システムにおける自律協調制御装置の構成を示す図である。図において、101は制御対象、102はワークフロー管理手段で103は制御対象状態モニタ部、104はワークフローデータベース、105はワークフロー決定部、106はワークフロー制御部である。

【0016】また107はワーク実行手段で108はワーク受付部、109はワーク分割用データベース、110はワーク分割部、111はワーク実行管理部、112はエージェント役割決定部、113はタスク処理部である。また114は処理能力判定手段で115はエージェント処理能力判定部、116はエージェント能力データベース、117はエージェント能力検索部、118はエージェント負荷モニタ部である。そして119は学習手段で、120は属性関連データベース、121は関連属性値変更部である。

【0017】ワークフロー管理手段102の制御対象状態モニタ部103は制御対象101の実データの測定結果を受け取り、制御対象状態モニタ部103の内部に用意した図2に示すような状態分類表201で、制御対象101の各センサー値を分類し、その結果を出力する。

【0018】ワークフロー決定部105は制御対象状態モニタ部103の出力を検索キーとしてワークフローデータベース104でワークフローを検索する。ワークフローデータベース104は図3、図4に示すようなデータ301とデータ401を保有し、状態(State)のクラス値を参照し該当するワークフローとその内容すなわちワークフローに含まれるワーク(Work)をそれぞれ図3、図4から選択し、ワークフロー決定部105に

検索結果として返答する。ワークフロー決定部105では検索結果のワークフローを受け取り、現状の実行ワークフローとして出力する。

【0019】ワークフロー制御部106はワークフロー決定部105が出力したワークフローに従い、ワークの実行命令を出力する。図5に示すようにワークフロー内に制御対象101の状態(State)に依存する選択肢が存在する場合、ワークフロー制御部106は制御対象状態モニタ部103から現在の制御対象101の状態情報を受け取り、選択肢の決定を行い、実効命令を出力する。

【0020】また、ワークフロー制御部106は出力したワークについてワーク実行管理部111から完了報告、実行不可能の報告を受ける。完了報告の時、次のワークの実行命令を出力する。実行不可能の報告を受けた時は、ワークフロー決定部105に新たなワークフローを問い合わせる。ワークフローが実行不可能になり、ワークフロー制御部106から新たなワークフローを要求された時、ワークフロー決定部105は現在の制御対象101の状態を制御対象状態モニタ部103から獲得し、その時のワークフローを先の説明と同様に決定する。次に図6に示すように、新たに選定したワークフローと処理中のワークフローの差分をとり、現在までに実行していないワークがある時には、その実行を行う。それ以後、新たに選定したワークフローを実行する。すべてのワークが終了した時、システムは動作を完了する。

【0021】ワーク実行手段107のワーク受付部108はワークフロー制御部106からのワークの実行命令を受け付け、その情報をワーク分割部110に送信する。

【0022】ワーク分割用データベース109は2つのデータを内部に有する。その例を図7のデータ701と図8のデータ801に示す。データ701はワーク(Work)とワークを構成するタスク(Task)名とその処理順番(Step1~)、そのワークを実行するための制御対象101の必要な状態を示すデータである。データ801はタスク名とそのタスクを処理するのに必要な属性と属性値、そしてタスクを処理する時の依存関係を示すデータである。

【0023】ワーク分割部110は、ワーク受付部108からのワーク実行命令に従い、ワーク分割用データベース109を用いて、ワークをエージェントが処理可能な単位であるタスク(Task)に分割する。ワーク分割部110はワーク名を検索キーとして、ワーク分割用データベース109でワークを構成するタスク名とその属性を検索し、その検索結果を出力する。

【0024】ワーク実行管理部111はワーク分割部110の出力に基づき、タスク間の依存関係より処理順序を構成し、タスク処理の命令を出力する。タスク間の依存関係より、タスクを並列処理することができる。こ

での処理順序決定について図9に示す。

【0025】図9はワーク1(Work1)の実行する場合を示しており、ワーク1は図7よりタスク1(Task1)、タスク2、タスク3、タスク4で構成されており、かつタスク2~4は図8に示されるような他のタスクとの依存関係があることを考慮して、タスクの処理順序はタスク1→タスク2→タスク3の順で処理されかつタスク2、3と同時にタスク4が処理されるという順序で決定される。

【0026】エージェント役割決定部112は、ワーク実行管理部111からタスクの処理命令を受け付け、そのタスクの属性を用いて、処理能力判定手段114のエージェント処理能力評価部115にシステム内のすべてのエージェントについて、タスクの処理能力の判定やエージェントの現在の負荷状態の調査を依頼する。

【0027】処理能力判定手段114はエージェント役割決定部112の指示に従い、エージェントが有する処理能力の検索結果と、エージェントの現時点の負荷状態の観測結果に基づき、タスク処理が可能なエージェントの候補を回答する。

【0028】エージェント処理能力評価部115は、エージェント役割決定部112から処理すべきタスクの属性を受け取り、そのタスク処理に関してシステム内すべてのエージェントのタスクの処理能力を検索することをエージェント能力検索部117に指示する。また上記の能力検索とは独立して、すべてのエージェントの負荷状態を観測することをエージェント負荷モニタ部118に依頼する。

【0029】エージェント能力データベース116は、システム内のすべてのエージェント(Agent)のタスク処理能力に関する属性と処理能力を示す属性値を保持するデータベースである。その例を図10のデータ1001に示す。またエージェントの能力属性として、各タスクに対応して、タスク処理を管理するマネージャの属性と属性値のデータを保持する。その例を図11のデータ1101に示す。

【0030】エージェント能力検索部117は、エージェント役割決定部112から入力されたタスクの属性を検索キーとして、同じ属性を有するエージェントをエージェント能力データベース116から検索し、その結果をエージェント処理能力評価部115に報告する。

【0031】エージェント負荷モニタ部118は、エージェント処理能力評価部115からの指示に従い、現時点においてエージェントが保有する処理能力に対して他のタスクを実行するために使用している処理能力の割合である負荷状態値を観測し、その値をエージェント処理能力評価部115に報告する。

【0032】エージェント処理能力評価部115は、エージェント能力検索部117の検索結果でエージェントの属性値と、エージェント負荷モニタ部118の観測結

果である負荷状態値を評価関数を用いてエージェントの評価値として計算し、エージェント役割決定部112に回答する。例えば能力の属性値と負荷状態の値を乗算することで評価値を決定する。この処理能力判定手段114内での判定方法を図12に示す。図12はタスク1の処理を例に示したもので図内の番号、数値は図8のデータ801と図10のデータ1001の値を参照する。

【0033】エージェント役割決定部112は、エージェント処理能力評価部115の出力であるエージェントの評価値を受け取り、システム内のタスク処理の評価値が高いエージェントを処理エージェントの候補として決定する。同様にマネージャの評価値が最も高いエージェントをマネージャと決定する。

【0034】決定したマネージャは図13に示すようにして処理エージェントを決定する。すなわちマネージャはまず、処理エージェントの候補に対して、タスクの通知を行う。通知された各エージェントは上記で説明した属性値、負荷状態値を、エージェントが内部で固有に持つ評価関数(例えば関数b)を用いて入札値を計算する。評価関数の例として、属性値と負荷状態の積に、タスクの実行回数に比例した係数(経験係数)を乗算した値を入札値とし、その値をマネージャに報告する。マネージャは各エージェントから報告された入札値の最も大きいエージェントを処理エージェントとして決定する。エージェント役割決定部112は各エージェントの役割の決定結果を出力する。

【0035】タスク処理部113は、エージェント役割決定部112からの出力である各エージェントの役割に基づいて、それぞれの役割を実行するように命令する。そしてマネージャからタスクの処理完了の報告を受けた時、タスクの処理完了報告をワーク実行管理部111に行う。この流れを図14に示す。

【0036】すなわち、マネージャは処理エージェントからタスクの処理完了報告を受けると、タスク処理部113に対してタスクの処理完了報告が行われ、これを受けたタスク処理部113はワーク実行管理部111に、さらにこのワーク実行管理部111がワークフロー制御部106にタスクの処理完了報告が行われ、これが全てのワークが完了するまで行われる。

【0037】また図15に示すように、マネージャからタスクの処理不可能と報告を受けた時、タスク処理部113はワーク実行管理部111に実行中のワーク内のタスクの処理が不可能の報告を行う。この報告を受けたワーク実行管理部111はワークの実行不可能の報告をワークフロー制御部106に報告する。そしてワークフロー制御部106がワークフロー決定部105にワークフローの実行不可能報告を行うと、ワークフロー決定部105はワークフロー制御部106に対して新たなワークフローの実行依頼を行う。

【0038】実施の形態2. また、この発明の自律分散

システムにおける自律協調制御装置の別の実施の形態における特徴として、エージェント処理能力評価部115は、状況によりエージェントの能力を検索すること、エージェントの負荷状態を観測することを個々に命令することができる。例えば、エージェント能力検索部117の検索結果でタスクを処理可能なエージェントが一つの時はエージェント能力検索部117の結果のみをエージェント役割決定部112に出力する。同様に、エージェント負荷モニタ部118にのみ、命令を送ることができる。

【0039】実施の形態3. また、この発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置の別の実施の形態における特徴として、処理能力判定手段114はエージェント能力検索部117の検索結果を用いて、タスクを処理できるエージェント、すなわち属性値が0でないエージェントに対して、エージェントの負荷状態を観測するようにエージェント負荷モニタ部118に依頼する。そして、このエージェントに対してのみ評価値を計算し、エージェント役割決定部112に回答する。評価値を計算しなかったエージェントについては評価値0を回答する。この手順を図16に示す。

【0040】実施の形態4. また、この発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置のさらに別の実施の形態における特徴として、エージェント処理能力評価部115は、エージェント役割決定部112からタスクの情報(タスク名、属性、属性値)とその処理を行った処理エージェント名を受け取り、そのデータを同一ワークフローの実行中、エージェント処理能力評価部115内部に履歴データ1701として記憶する。そのデータ例を図17に示す。

【0041】エージェント処理能力評価部115は、エージェント役割決定部112からエージェントの評価値を要求された時、履歴データ1701から処理中のタスクと同じ属性を有するタスクとその処理をした処理エージェントを検索する。同時にエージェント処理能力評価部115は実施の形態1と同様にエージェントの処理能力、負荷状態を調べ、評価値を計算する。

【0042】エージェント処理能力評価部115は、エージェントの評価値の高い順のエージェントの評価リストを作成する。そのリスト1801を図18に示す。このリストについて履歴データ1701より選んだエージェントがリスト1801の1番目にある時、このエージェントの評価値を0に変え、リストの更新を行う。エージェント処理能力評価部115は評価値を更新したリスト1801に基づき、エージェント役割決定部112に出力する。

【0043】実施の形態5. また、この発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置のさらに別の実施の形態における特徴として、学習手段119は、タスク処理をしたエージェントの属性値を変更し、最適なエー



ェントの役割決定を支援するものである。

【0044】属性関連データベース120は、図8で示したようなタスクの属性名と図10で示したようなエージェントの処理能力を示す属性名に用いられている属性の関連をデータとして保持する。そのデータ1901を図19に示す。図19では属性1と属性2は関連値50で関連している。関連値が0の場合は二つの属性間には関連はないとする。属性関連データベース120は、関連属性値変更部121の検索キーに応じて、関連する属性名とその関連値を出力する。

【0045】関連属性値変更部121は、タスクの実行に要した処理エージェントの属性値とマネージャの属性値、さらに、その属性に関連した属性を属性関連データベース120を用いて選定し、その属性値も更新することを行う。この手順を図20に示す。関連属性値変更部121は、タスクの処理が完了しその処理完了報告を受けた時、完了したタスクの属性と属性値、その時のマネージャ、処理エージェントを担当したエージェントをエージェント役割決定部112に問い合わせ、その回答を得る。

【0046】次に、関連属性値変更部121内部の評価関数(例えば評価関数F)を用いて処理エージェントのタスク処理に有した属性値とマネージャの属性値の計算を行う。評価関数の引数は既存の属性値と、タスクの属性値を用いる。

【0047】また、処理エージェントについて、先に計算した属性値の他に、タスク処理に有した属性と関連する属性と属性値、そして関連値を属性関連データベース120とエージェント能力データベース116から選定し、関連属性値変更部121内部の関連属性更新用の評価関数(例えば評価関数G)に入力して関連する属性値を計算する。そして関連属性値変更部121は、計算した属性値をエージェント能力データベース116にある属性値と置き換える。

【0048】

【発明の効果】以上のように、この発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置では、制御対象の状態から現状に必要な作業手順であるワークフローをデータベースを用いて検索、決定し、ワークフローを構成するワークの実行を管理するワークフロー管理手段と、ワークフロー管理手段から命令されたワークをデータベースを用いてタスクに分割し、そのタスクの属性とエージェントの負荷状態を加味してタスク処理の役割を決定し、その処理管理を行うワーク実行手段と、ワーク実行手段からの依頼に従い、エージェントの処理能力とタスクの属性を比較、また現在のエージェントの負荷状態を観測し、前記で得た2つの情報を統合、または1つの情報をエージェントの処理能力として回答することで、タスクの処理制御を支援する処理能力判定手段と、ワーク実行手段で実行完了した結果をもとに、各エージェントの能

力値を変更する学習手段と、を備えたので、制御対象の状態から、実行すべきワークフロー、タスクを決定し、その内容と、現在のエージェントの負荷状態から最適なエージェント、効率よく選定し、タスクを実行することができ、さらに実行結果からエージェントの能力を更新することで、エージェントの選定を支援することができるという効果が得られる。

【0049】またこの発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置では、上記ワークフロー管理手段が、制御対象のセンサー情報などを基に状態値を決定、出力する制御対象状態モニタ部と、制御対象の実行可能なワークフローを保持するワークフローデータベースと、制御対象の状態値を基に、入力状態に適したワークフローをワークフローデータベースを用いて検索、決定するワークフロー決定部と、制御対象状態モニタ部とワークフロー決定部の出力に基づいて、ワークの実行管理、ワークの選択、変更を行うワークフロー制御部と、を含むので、制御対象の状態情報を状態値に変換し、その状態値に適したワークフローをデータベースから検索し、その実行管理を行うことができるという効果が得られる。

【0050】またこの発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置では、上記ワーク実行手段が、上記ワークフロー制御部からのワーク実行の命令に従い、その命令を受け付けるワーク受付部と、個々のワークを構成するタスクとその属性を保持しているワーク分割用データベースと、ワーク受付部から実行するワークの情報を受け取り、ワーク分割用データベースを用いてタスクに分割するワーク分割部と、ワーク分割部で検索したタスクを受け取り、処理順序に従いタスク処理の指示を出力し、ワーク完了や、タスク、ワークの実行不可能のワークの実行状態を上記ワークフロー制御部に報告するワーク実行管理部と、ワーク実行管理部からタスク処理の命令を受け取り、その処理が可能なエージェントの候補の選定を上記処理能力判定手段に依頼し、その回答に従いエージェントにタスク通知を行い、マネージャと処理エージェントの役割を決定するエージェント役割決定部と、エージェント役割決定部で決定した役割に基づき、タスクの処理を行い、完了報告または処理不可能報告をワーク実行管理部に行うタスク処理部と、を含むので、実行指示のあったワークをデータベースを用いてタスクに分解し、タスクを実行するためにシステム内のエージェントを処理能力と負荷状態を用いて役割を選定し、タスクを実行することができるという効果が得られる。

【0051】またこの発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置では、上記処理能力判定手段が、上記エージェント役割決定部から、すべてのエージェントの能力の検索依頼に対して、各エージェントのタスクの処理能力、各エージェントの現在の負荷状態を検索及び観測することをエージェント能力検索部とエージェント負荷モニタ部に指示し、その回答からシステム内のエー

エージェントのタスク処理能力を上記エージェント役割決定部に回答するエージェント処理能力評価部と、システム内すべてのエージェントの能力の属性とその属性値を保持したエージェント能力データベースと、エージェント処理能力評価部からの指示に従い、エージェント能力データベースを用いてタスクの処理に必要な属性を保有するエージェントを検索し、結果をエージェント処理能力評価部に送信するエージェント能力検索部と、エージェント処理能力評価部の指示に従い、システム内すべてのエージェントの負荷状態を観測し、その状態をエージェント処理能力評価部に送信するエージェント負荷モニタ部と、を含むので、エージェントの現在のタスク処理能力を各エージェントの有する能力を保持するデータベースから検索し、またエージェントの現時点での負荷状態を観測することができるという効果が得られる。

【0052】またこの発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置では、上記学習手段が、タスクの性質とエージェントの処理能力を表現するために用いられている属性の関係を関連値として保持する属性関連データベースと、上記タスク処理部のタスク完了報告に基づき、タスクを処理したエージェントについてタスク処理に有効であった属性値を変更すると共に、属性関連データベースを用いて、有効な属性に関連する属性値も変更する関連属性値変更部と、を含むので、タスクの実行結果から、実行したタスクが処理に有した能力の属性値とその属性に関連した属性値を計算し、エージェント能力データベースの値を更新することができるという効果が得られる。

【0053】またこの発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置では、上記ワークフロー管理手段のワークフロー決定部が、上記制御対象状態モニタ部からの制御対象の状態値に基づき、状態に適したワークフローを上記ワークフローデータベースを用いて検索、選定し、上記ワークフロー制御部に送信し、さらにワークフローの実行不可能の報告を受けた時には、現在の制御対象の状態に基づき新たなワークフローを検索し、先に実行したワークフローとの差分を取り、新たなワークフローを作成し、上記ワークフロー制御部に送信するので、制御対象の状態値を基にワークフローデータベースを検索し、その時の最適なワークフローを決定し、また、先に選定したワークフローが実行不可能な場合には、再度ワークフローを検索し、以前に実行したワークフローとの差分をとり、新たなワークフローを作成し、その実行依頼を指示することができるという効果が得られる。

【0054】またこの発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置では、上記ワークフロー管理手段のワークフロー制御部が、上記ワークフロー決定部の出力に基づき、個々のワークの実行を上記ワーク実行手段に依頼し、その完了報告、実行不可能報告を受け付け、完了報告を受け付けた時は次のワークを実行することを依頼

し、実行不可能の報告を受け付けた時には新たなワークフローを上記ワーク実行手段に要求し、変更したワークフローの実行制御の管理するので、決定したワークフローのワークを順序に従い、実行指示を与えることができ、そのワークの完了報告を受けた時、制御対象の状態値がワークフローの実行可能な範囲にあるかを調査し、次のワークの実行の指示を行い、制御対象の状態値が実行不可能の時またはタスク、ワークの実行不可能報告を受けた時は、新たなワークフローの作成を依頼することができるという効果が得られる。

【0055】またこの発明の自律分散システムにおける自律協調制御装置では、上記処理能力判定手段のエージェント処理能力評価部は、上記エージェント役割決定部からの出力に基づき、過去のタスクの処理履歴としてタスクの情報と処理エージェント名を、同一ワークフロー実行中に保持し、同じ属性を有するタスクを処理する時に履歴の中から過去の処理エージェントを検索し、履歴から検索したエージェントがもっとも評価値が高い時、その値を下げ、その更新したデータをエージェント役割決定部に回答するので、タスク処理の履歴を保持し、固定したエージェントに処理を行わせることを抑制し、他の能力のあるエージェントに対して処理の可能性を残すことで、処理の偏りを無くし、負荷の分散を行うことができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施の形態による自律分散システムにおける自律協調制御装置の構成を示す図である。

【図2】 この発明における制御対象状態モニタ部内の制御対象のセンサー情報と状態値のデータの例を示す図である。

【図3】 この発明におけるワークフローデータベース内の制御対象の状態値と対応するワークフローのデータの例を示す図である。

【図4】 この発明におけるワークフローデータベース内の各ワークフローを構成するワークのデータの例を示す図である。

【図5】 この発明における制御対象の状態値によりワークを選択するワークフローの例を示す図である。

【図6】 この発明におけるワークフロー決定部でワークフローの差分を取り継続実行するワークフローを作成するところを示す図である。

【図7】 この発明におけるワーク分割用データベース内の各ワークを構成するタスクとそのワークの実行可能な状態を示したデータの例を示す図である。

【図8】 この発明におけるワーク分割用データベース内の各タスクの属性とタスク間の依存関係を示したデータの例を示す図である。

【図9】 この発明におけるワーク実行管理部内でタスクの依存関係よりタスクの処理順番を決定する流れを示した図である。



【図10】 この発明におけるエージェント能力データベース内の各エージェントのタスク処理能力の属性値を示したデータ例を示す図である。

【図11】 この発明におけるエージェント能力データベース内の各エージェントの各タスクを処理する時のマネージャの属性値を示したデータ例を示す図である。

【図12】 この発明における処理能力判定手段内での処理能力属性値と負荷状態値から各エージェントの評価値を決定する流れを示す図である。

【図13】 この発明におけるエージェント役割決定部で処理エージェントを決定する流れを示す図である。

【図14】 この発明の実施の形態1における処理エージェントがタスク、ワークを正常完了するフローを示す図である。

【図15】 この発明の実施の形態1における処理エージェントがタスクの処理が不可能の時のワークフローの継続フローを示した図である。

【図16】 この発明の実施の形態3におけるエージェント処理能力評価部がエージェント能力検索部の結果を基にエージェントの負荷状態を観測する流れを示した図である。

【図17】 この発明の実施の形態4におけるエージェント処理能力評価部内部でのタスク処理の履歴データを示したデータ例を示す図である。

【図18】 この発明の実施の形態4におけるエージェント処理能力評価部内部の各エージェントの評価値をリスト化した例を示す図である。

【図19】 この発明における属性関連データベース内の各属性の関連値を示したデータ例を示す図である。

【図20】 この発明の実施の形態5における学習手段でのエージェントの属性値を更新する手順を示した図である。

【図21】 従来の自律分散システムにおける自律協調制御装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

101 制御対象、102 ワークフロー管理手段、103 制御対象状態モニタ部、104 ワークフローデータベース、105 ワークフロー決定部、106 ワークフロー制御部、107 ワーク実行手段、108 ワーク受付部、109 ワーク分割用データベース、110 ワーク分割部、111 ワーク実行管理部、112 エージェント役割決定部、113 タスク処理部、114 処理能力判定手段、115 エージェント処理能力評価部、116 エージェント能力データベース、117 エージェント能力検索部、118 エージェント負荷モニタ部、119 学習手段、120 属性関連データベース、121 関連属性値変更部。

【図2】

	センサー1 (State 1)	センサー2 (State 2)
クラスA	10以下	5以下
クラスB	10~30	6~10
クラスC	31~50	11~20
クラスD	51~80	21以上
クラスE	80以上	

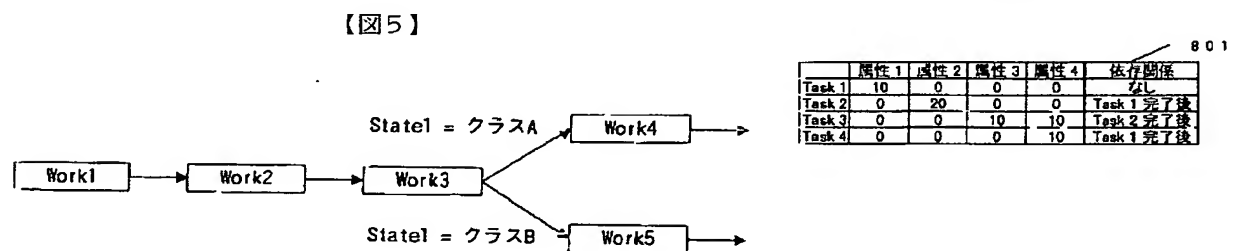
【図3】

ワークフロー	State 1	State 2
WF 1	A	A
WF 2	B	A
WF 3	B	C
WF 4	B	D

【図4】

	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
WF 1	Work 1	Work 2	Work 3	Work 4
WF 2	Work 1	Work 3	Work 2	Work 4
WF 3	Work 1	Work 4	Work 1	Work 2
WF 4	Work 2	Work 3	Work 4	Work 5

【図8】



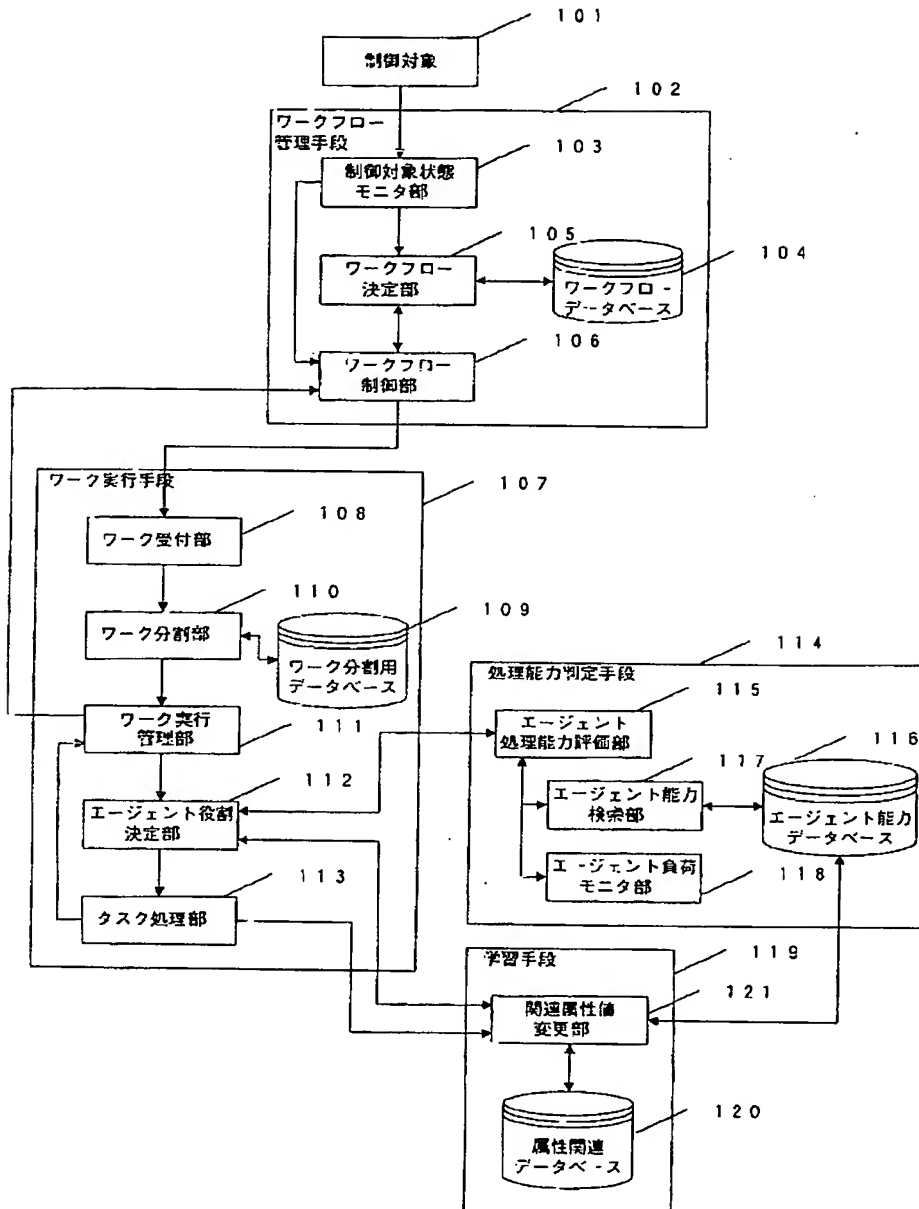
【図7】

	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	制御対象の状態
Work 1	Task 1	Task 2	Task 3	Task 4	State 1: A
Work 2	Task 1	Task 3	Task 4	Task 5	State 2: A
Work 3	Task 2	Task 1	Task 3	Task 4	State 3: B
Work 4	Task 2	Task 3	Task 4	Task 5	State 4: B

【図10】

	属性1	属性2	属性3	属性4
Agent 1	10	0	0	0
Agent 2	0	20	20	0
Agent 3	10	10	10	10
Agent 4	0	0	0	10

【図1】



【図11】

1101

	Task 1	Task 2	Task 3	Task 4
Agent 1	10	0	0	0
Agent 2	0	20	20	0
Agent 3	10	10	10	10
Agent 4	0	0	0	10

【図17】

1701

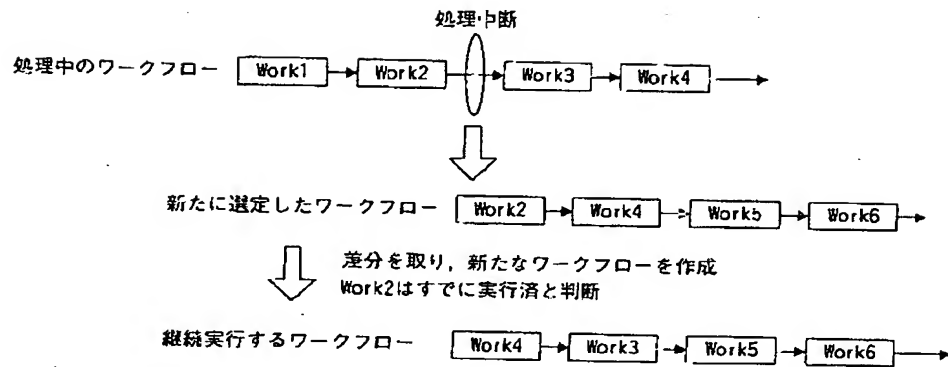
タスクデータ			エージェントデータ	
タスク名	属性名	属性値	処理エージェント名	
Task 1	属性 1	10	Agent 1	
Task 2	属性 2	20	Agent 2	
Task 3	属性 3	10	Agent 2	
Task 4	属性 4	10		
Task 4	属性 4	10	Agent 4	

【図18】

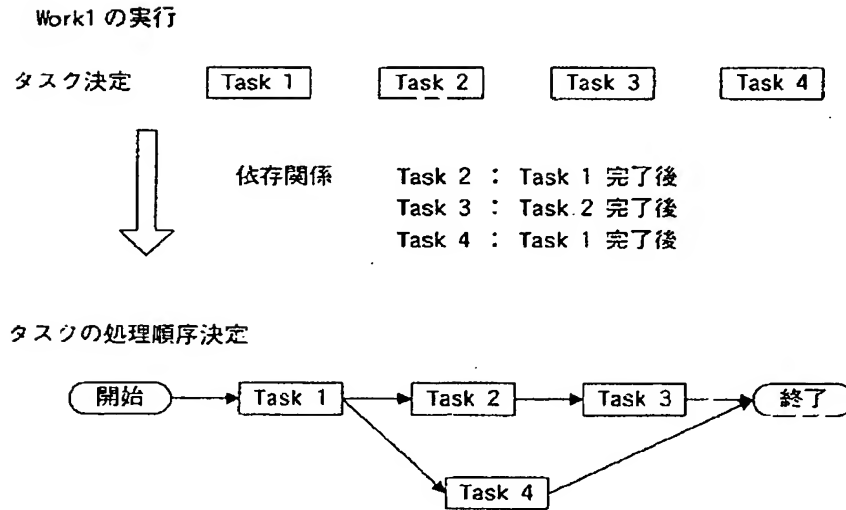
1801

評価順位	評価値	エージェント名
1	90	Agent 1
2	80	Agent 2
3	75	Agent 3
4	60	Agent 4

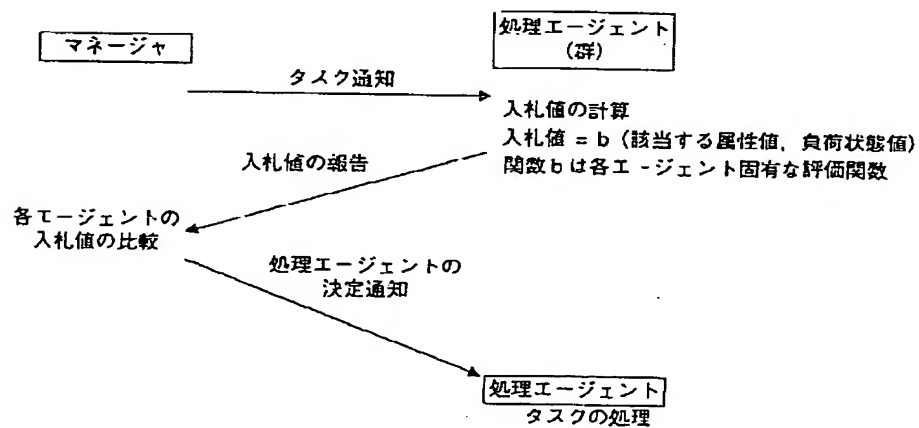
【図 6】



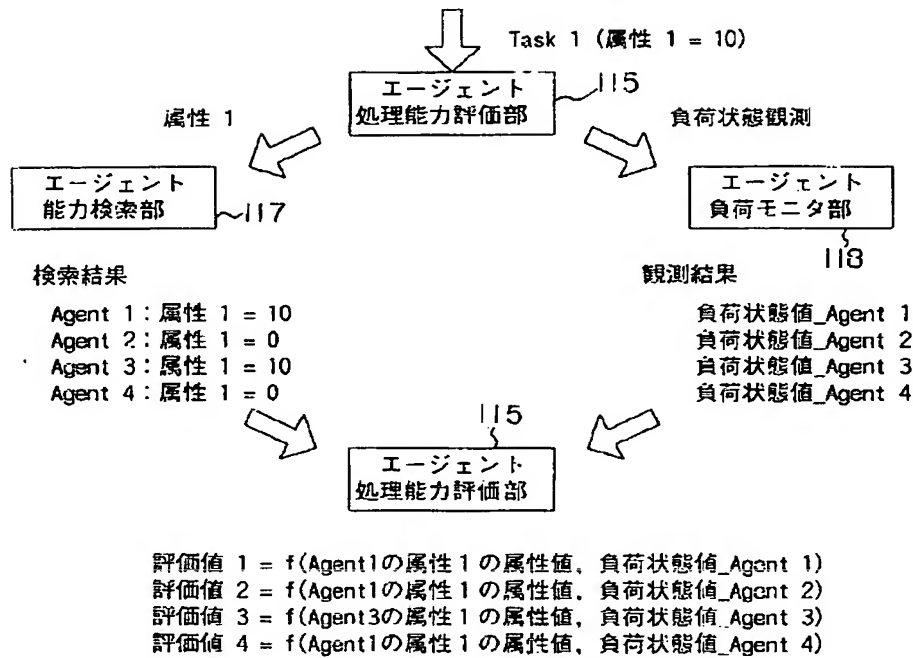
【図 9】



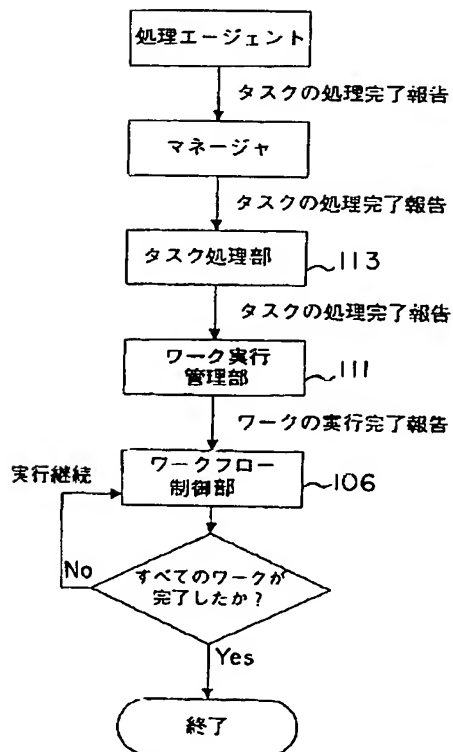
【図 13】



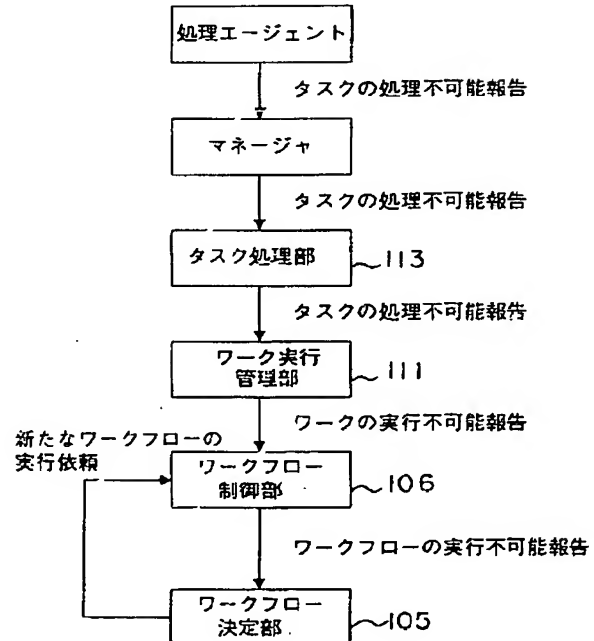
【図12】



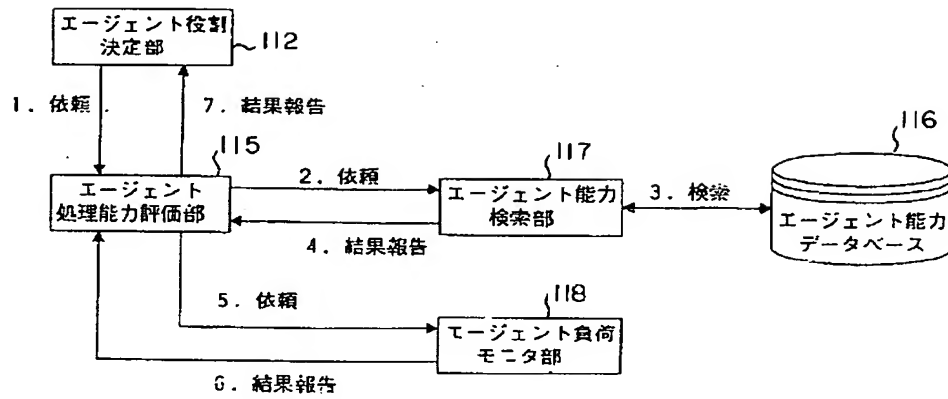
【図14】



【図15】



【図16】

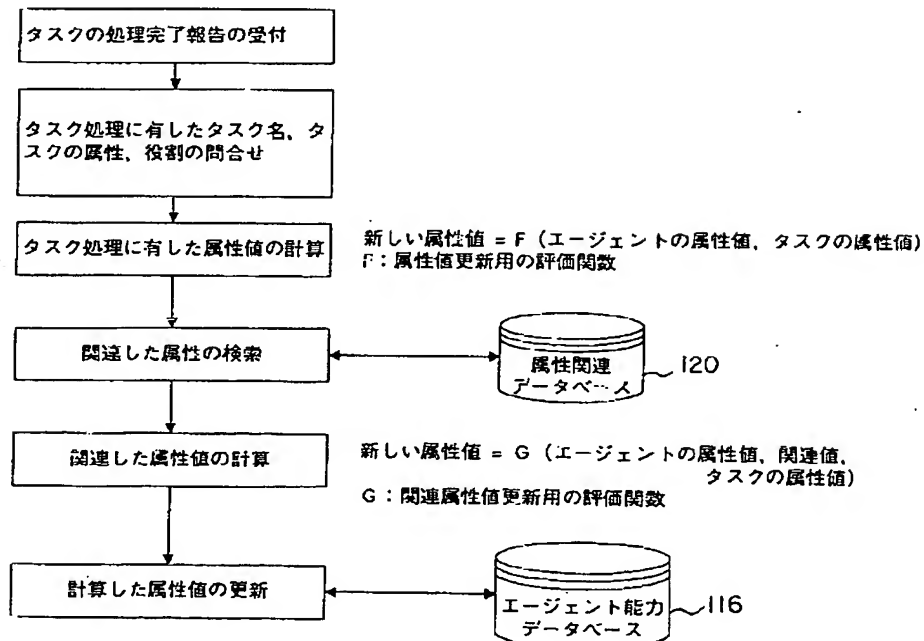


【図19】

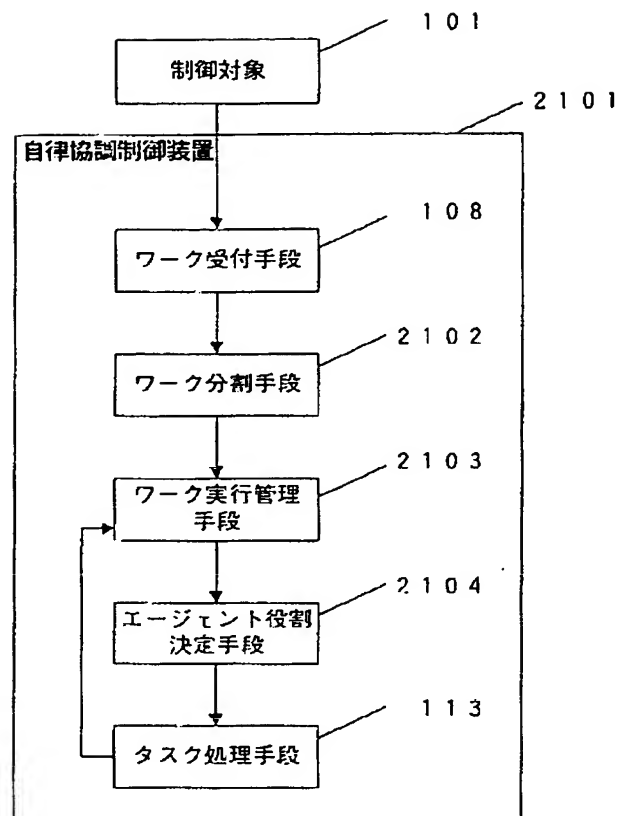
1901

	属性1	属性2	属性3	属性4
属性1		50	0	0
属性2	50		0	30
属性3	0	0		10
属性4	0	30	10	

【図20】



【図21】







**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Docket # 2004 002085  
Applic. # 101591,790  
Applicant: Kraus

Lerner Greenberg Sterner LLP  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**